

【农业经济】

# 农业机械化促进了农民增收吗？

## ——基于农村人力资本调节效应的分析

邓悦, 吴忠邦, 罗连发

(武汉大学 质量发展战略研究院, 武汉 430072)

**摘 要:**农业机械化的推进离不开农村人力资本的支撑。本文基于 2001—2020 年省级面板数据, 引入农村人力资本作为调节变量, 并考虑了农业机械化对农民收入影响的滞后性, 探究农村人力资本对农业机械化在促进农民收入增长中的调节效应。研究发现: 第一, 农业机械化和农村人力资本均对农民收入有促进作用, 而农村人力资本与农业机械化水平存在负向调节作用, 在使用农村固定观察点的村级数据后仍可得到相同的结论; 第二, 农村人力资本对农业机械化促农增收的调节效应受到市场化程度的影响, 在市场化程度低的地区为负向调节效应, 而在市场化程度高的地区为正向调节效应; 第三, 异质性分析表明, 农村人力资本对农业机械化的负向调节作用对粮食主产区、人均耕地面积更大的地区效应更大; 第四, 农业专业技术人才与农业机械化之间存在显著的互补性。本文的政策启示是: 应加大对农村人力资本的教育投入和加速提升农村地区的市场化程度; 针对我国农村可能存在的人力资本结构错配问题, 要加强农业专业技术人才的培养, 以更好地匹配并推进我国农业机械化进程, 促进农民增收。

**关键词:**农业机械化; 农民增收; 农村人力资本; 调节效应

**中图分类号:**F832      **文献标志码:**A      **文章编号:**1671-7465(2023)01-0169-12

### 一、引言

农业机械化是将先进技术、现代装备等引入农业, 以提高农业生产效率、农民生活品质, 促进农业全面升级、农民全面发展的过程。2022 年 2 月, 国务院印发的《“十四五”推进农业农村现代化规划》, 提出了“十四五”期间农业农村现代化的主要目标就是增加农民收入, 提升农民生活品质, 而农业机械化正是农业现代化促进农民收入增加的重要手段。我国已经取得了决战脱贫攻坚的全面胜利, 正值巩固拓展脱贫攻坚成果同乡村振兴有效衔接之际, 经过多年的政策实施和推进, 农业机械化发展初具成效。根据国家统计局及农业农村部数据统计, 2001—2017 年, 我国农业机械总动力增长了 1 倍、农用大中型拖拉机数量增长了 7.1 倍、大中型拖拉机配套农具增长了近 8 倍, 农业机械化程度快速提高。一方面, 农村基础设施建设得到加强, 卫生厕所普及率达 68%, 部分乡镇和建制村通硬化路、通客车实现全覆盖, 供水供电、通信网络等基础设施明显改善。另一方面, 农业综合生产能力稳步提升, 农业科技进步贡献率达到 60%, 农作物耕种收综合机械化率达到 71%。对于我国农村居民人均可支配收入而言, 2020 年达到了 17131 元, 较 2010 年增长了 1.7 倍, 但其增速仍落后于国民经济增长的速度。国家统计局数据显示, 2001—2017 年, 我国 GDP 增长了近 8 倍, 我国农村居民人均可支配收入仅增长 4.5 倍。一方

收稿日期: 2022-06-22

基金项目: 国家社会科学基金项目“社会保险费率下调对企业生产率的影响研究”(17CGL036)

作者简介: 邓悦, 女, 武汉大学质量发展战略研究院副教授, 硕士生导师; 吴忠邦, 男, 武汉大学质量发展战略研究院硕士生; 罗连发, 男, 武汉大学质量发展战略研究院副教授, 硕士生导师。

面,我国农业机械化发展迅速,各项指标快速上涨;另一方面,我国农民收入的增长速度较缓,整体收入水平不高。农业机械化的快速发展与农民收入的增速较慢反映出两者之间可能存在着不匹配问题。那么,农业机械化是否促进了农民收入增加?农业机械化如何促进农民收入增加?这将是本文有待研究的主要问题。

美国、日本等农业机械化程度较高国家的研究证明了农业机械化对农民收入增加有促进作用。美国规模化、集约化的现代化农业生产显著增加了农民收入<sup>[1]</sup>;日本选择先化学化后机械化、精细化、高质量农业社会化服务的农业机械化道路,农民收入整体水平大幅提高<sup>[2]</sup>;德国、荷兰、以色列通过高科技赋能农业机械化,发展数字化农业、精准化农业从而提升农民收入<sup>[3]</sup>。我国学者的研究也认为农业机械化可促进农民收入增加,农业机械化可通过降低生产成本<sup>[4-5]</sup>和提高农业产出<sup>[6]</sup>来促进农民增收。但是,也有学者提出,农业机械化和农业技术水平的提升对需求弹性、技术要求比较低的农业产业可能存在负向影响<sup>[7]</sup>。

提高农业生产效率、增加农民收入是我国“坚持农业农村优先发展,加快农业农村现代化”政策的主要目的,而农业机械化程度快速提高与农民收入增速较缓现象表明,二者之间存在的不匹配问题不容忽视。从理论上,农业机械化的快速发展会极大地提高生产效率、增加农业产出,从而增加农民收入,但事实并非完全如此。一方面,乡村振兴战略的实施使得我国农村农业的物质资本投入大幅增加,机械化水平得到了快速提升;另一方面,在加大农村基础设施建设的情况下,我国农村仍存在空心化问题,缺乏从事农业生产的专业技术人才。农业农村部调查数据显示,2020年我国农村外出劳动力占比达到41.4%,且大部分为20~45岁的适龄男性劳动力,很多地区从事农业生产的主要人员为老人和妇女,农业机械化生产的产业型人才稀缺。人力资本像土地、资本等实体性要素一样,在社会生产中发挥着巨大的作用。因此,农业机械化的发展水平不仅取决于机械总动力的大小,还需要与之相匹配的人力资本。随着乡村振兴实施进入新的发展阶段,农业机械化成为促进农民增收的重要动力,人力资本是其不可或缺的发展驱动力。我国农村的人力资本不仅水平较低,还可能存在着与农业机械化需求不相匹配的结构性问题,那么,农业机械化水平对农民收入的作用是怎样的?农村人力资本对农业机械化影响农民收入的调节效应如何?对上述问题进行探讨,并探索相关政策优化路径,对我国农业机械化的高水平发展以及农民收入增加具有重要的理论和现实意义。

本文的边际贡献主要表现为以下几方面:(1)在研究视角上,大部分研究选取不同的指标对农业机械化和农民收入二者关系进行研究,本文以人力资本、经济发展等理论为基础,考虑了农业机械化与农民收入存在的不匹配问题,引入农村人力资本作为调节变量,检验其对“农业机械化促进农民增收”的调节作用,为农业机械化更好地促进农民收入增加提供了新思路。(2)在研究方法上,加入了市场化指数、粮食主产区、人均耕地面积等多个分组变量进行异质性分析,并考虑了农业机械化对农民收入的滞后性影响,从而更加准确地判断农业机械化对农民收入的作用效果。

## 二、理论分析与研究假说

### (一) 农业机械化与农民收入

农业机械化的发展会提高农业生产效率、农业产出,并进一步解放从事农业生产的劳动力,促使农业生产关系、农民身份性质发生变化。发生这种改变的根本就在于农业生产力及其生产方式的革新。根据生产力决定生产关系的相关理论,这种生产力的根本变化会使得生产关系发生对应的变化,从而对农民收入的增加产生促进作用。

农业机械化促进农民增收的作用机理。经典农业经济理论认为,农业机械化的发展具有规

模效应,而我国的耕地资源地形地貌多样化、分布细碎化、地权分散化的特征可能会制约农业机械化大规模种植养殖的发展。然而事实并非如此,我国的农业生产正向着规模化、产业化大步迈进,农民的收入也随之发生了巨大的结构性变化。农业机械化主要通过作用于农业经营性收入来影响农民增收。农业机械化主要体现为生产力的大幅提高和规模化生产的实现,一方面能够减少生产资料的投入,另一方面能够改变粗放式经营方式,提高土地利用效率,最终实现农业生产成本的降低,从而增加农业经营性收入<sup>[5]</sup>。

基于上述分析,本文提出如下假说:

H1:农业机械化对农民收入的增加具有显著的促进效应。

(二) 人力资本对农业机械化促进农民增收的调节效应

舒尔茨是最早开始进行人力资本理论研究的学者,根据其对人力资本的定义,人力资本指的是劳动者投入企业的知识、技术、创新概念和管理方法的一种资源总称。人力资本的体现也可以用质量和数量来表示,它最主要的特点是人力资源天然属于个人,可以交易。

1.农村人力资本投资与农民收入增长的关系

舒尔茨在 1960 年提出人力资本学说,库兹涅茨扩展了资本的概念,其中心论点就是,人力资本的提高对经济增长的作用,远比物质资本的增加重要得多。现有研究中农村人力资本的测度方法较为丰富,有学者通过年龄、工龄、培训、身体健康状况、文化支出费用和娱乐医疗卫生保健支出费用等多个方面来衡量农村人力资本<sup>[6]</sup>,但大多数学者主要使用教育程度来表征农村人力资本水平。有关全国农村宏观统计数据的研究结果表明,教育对农民收入有明显的促进作用<sup>[8]</sup>,教育是农业经济增长的重要源泉,是农业经济发展的重要驱动力<sup>[9]</sup>。

2.农村人力资本与农民收入增长的关系

大多数的文献研究结论认为,农村人力资本对农民收入具有正向的影响作用,但也有一部分学者针对特定对象的研究得出了不同的结论。对于不同类型农户人力资本投资与农民收入的关系而言,相比人力资本其他方面的投入,教育的投资是对收入增加最有作用的,并且教育投资还能小幅降低农户的迁移成本<sup>[10]</sup>。还有研究发现,农户的工作经验对户主的收入分化有明显的正向作用,而受教育年限对农民的收入分化基本不产生影响。此外,对于县外就业者而言,受教育水平的提高可以促进其收入增加,但与此同时会抑制农业就业者的收入<sup>[11]</sup>。农民受教育程度对其收入来源和结构会产生不同影响。农民受教育程度越高,越有利于其非农产业收入的增长,并且教育通过对非农产业收入的促进作用对农业收入具有消极影响。

3.人力资本与农业机械化的关系

农业机械化是运用先进适用的农业机械装备农业,改善农业生产经营条件,不断提高农业的生产技术水平和经济效益、生态效益的过程。舒尔茨提出的人力资本投资和回报理论指出,人力资本的累积是社会经济增长的源泉,是解决贫困问题的重要途径。农户受教育程度的提高对于进一步快速发展农业机械化具有推动作用<sup>[12]</sup>,农村人力资本的提升是农业机械化发展的重要驱动力。理论层面和实证层面都验证了人力资本投资的重要性<sup>[13]</sup>,农业机械化的发展和实现,核心就是人力资本的培育和投资。此外,也有研究认为农村人力资本与农业机械化两者之间并不存在影响关系<sup>[14]</sup>。

基于上述人力资本与农民收入以及农业机械化的理论分析,本文提出如下假说:

H2:农村人力资本对农民收入的增加具有正向作用;

H3:农村人力资本对农业机械化促农增收具有负向的调节效应。

(三) 理论分析框架

基于以上理论分析与研究假说,构建包含农业机械化、农民收入以及农村人力资本的理论框架(图 1),以检验农业机械化水平影响农民收入的作用路径以及农村人力资本的调节效应。

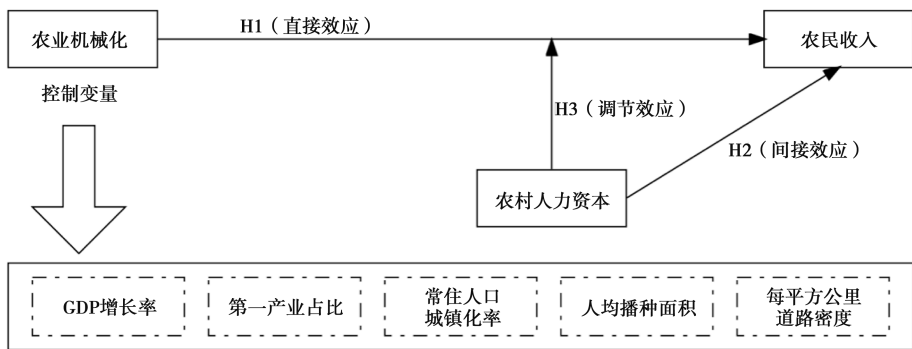


图 1 理论分析框架

### 三、研究设计

#### (一) 模型设定

为研究农业机械化水平对农民增收的影响,本文构建双向固定效应模型:

$$Y_{it} = a_0 + a_1 Machine_{it} + a_2 X_{it} + d_i + m_t + e_{it} \tag{1}$$

在(1)式的基础上,为考察农村人力资本的调节作用,加入农村平均受教育年限及其与农村人均农业机械总动力的交互项,构建模型:

$$Y_{it} = a_0 + a_1 Machine_{it} + a_2 Edu_{it} + a_3 Machine_{it} \times Edu_{it} + a_4 X_{it} + \delta_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \tag{2}$$

(1)式和(2)式中,被解释变量  $Y_{it}$  为第  $i$  省(自治区、直辖市)第  $t$  年的农村居民人均可支配收入的对数;核心解释变量  $Machine_{it}$  为第  $i$  省(自治区、直辖市)第  $t$  年的农村人均农业机械总动力;调节变量  $Edu_{it}$  为第  $i$  省(自治区、直辖市)第  $t$  年农村平均受教育年限; $Machine_{it} \times Edu_{it}$  为农村人均农业机械总动力与农村平均受教育年限的交互项; $X_{it}$  为系列控制变量向量; $a_0$ 、 $a_1$ 、 $a_2$ 、 $a_3$ 、 $a_4$  为待估系数; $\delta_i$ 、 $\mu_t$  和  $\varepsilon_{it}$  分别为省份固定效应、年份固定效应和随机误差项。

#### (二) 变量选取

1.被解释变量:农民收入。基于已有的文献,农民收入水平通常用农村居民人均可支配收入表示<sup>[15]</sup>。本文选用“农村居民人均可支配收入”来衡量农民的收入水平,并采用对数形式表示,可以降低异方差性,减弱数据的共线性,并且不改变数据的性质和相关关系。

2.解释变量:农业机械化水平。本文根据夏春萍和刘文清<sup>[16]</sup>的研究经验,选用人均农业机械总动力来衡量农业机械化水平,农业机械总动力也是已有文献中衡量农业机械化水平比较常用的指标。为进一步全面反映农业机械化水平,本文重新定义了一个农业机械化指标,采用农业机械总动力与农村人均用电量的平方根来衡量农业机械化水平。

3.调节变量。①农村人力资本。农村人力资本是促进农民增收、实现农业机械化的重要驱动因素<sup>[17]</sup>,本文选用农村劳动力的平均受教育年限表示。由于数据可得性的限制,采用教育法计算农村劳动力平均受教育年限,即用农村居民中各类别受教育程度的劳动力比例乘以相应的受教育年限得到农村劳动力的平均受教育年限。②农业技术人员。农村人力资本结构的核心就是提升农业专业技术人才数量,本文选取每千人农业技术人员数量来表示。

4.控制变量。影响农民收入的因素是复杂繁多的,结合已有的研究和本文研究的目的,选取如下控制变量:①经济发展水平,采用各省份每年的 GDP 增长率表示。②产业结构,主要采用第一产业增加值与 GDP 之比来衡量。③城镇化水平,以各省常住人口城镇化率进行表示,即城镇人口占总人口的比重。④土地资源禀赋,采用人均播种面积来衡量农民土地拥有情况。⑤公路设施水平,以省公路运营里程与各省份土地面积之比来度量交通设施水平。



(三) 数据来源

本文选取中国 31 个省(区、市)2001—2020 年的面板数据进行实证。依据《中国统计年鉴》(历年)、各省(区、市)历年统计年鉴、《中国农村统计年鉴》《中国农业机械化工业统计年鉴》《中国人口与就业统计年鉴》《中国区域统计年鉴》等统计资料获取各项指标数据。其中,市场化指数来自国民经济研究所的《中国市场化指数数据库》。各主要变量的描述性统计分析详见表 1。

表 1 主要变量的描述性统计

变量名称	变量含义	样本量	均值	标准差	最小值	最大值
农民收入	农村居民人均可支配收入对数	620	8.757	0.742	7.247	10.460
机械总动力	人均农业机械总动力	620	1.342	0.808	0.205	6.187
机械总动力'	人均农业机械总动力*人均农村用电量平方根	620	0.314	0.237	0.030	1.438
受教育程度	农村平均受教育年限	620	7.330	0.913	3.240	9.801
地区生产总值	GDP 增长率	620	0.126	0.061	-0.053	0.298
农业产业占比	第一产业占比	620	0.118	0.063	0.003	0.379
城镇化率	常住人口城镇化率	571	0.506	0.153	0.139	0.896
播种面积	人均播种面积	620	0.248	0.161	0.031	1.362
道路密度	每平方公里道路密度(公里)	620	0.743	0.497	0.029	2.194
市场化程度	市场化指数	589	6.859	2.208	-0.161	11.490
农业技术人员	每千人农业技术人员数量	620	1.056	0.810	0.000	3.987

四、回归结果分析

(一) 基准回归结果

本文基于 2001—2020 年中国 31 个省(区、市)的面板数据,选用双向固定效应模型进行回归。表 2 给出了农业机械化和农村人力资本水平对农民收入影响的基准回归,结果显示,农业机械化与农村人力资本变量均对农村人均收入有显著的正向效应。在未控制任何变量、加入 GDP 增长率等省级层面控制变量以及控制省份和年份固定效应后,仍然是正向显著的(第 1—3 列)。这一回归结果与本文提出的研究假说 H1、H2 相符合。

表 2 基准回归结果

变量	被解释变量:农民收入				
	(1) OLS	(2) OLS	(3) FE	(4) OLS	(5) FE
机械总动力	0.048*** (7.59)	0.045*** (4.62)	0.045*** (4.62)	0.239*** (6.63)	0.239*** (6.63)
受教育程度	0.010(0.95)	0.019* (1.90)	0.019* (1.90)	0.044*** (4.12)	0.044*** (4.12)
受教育程度*机械总动力				-0.026*** (-5.58)	-0.026*** (-5.58)
地区生产总值		0.112(1.59)	0.112(1.59)	0.041(0.58)	0.041(0.58)
农业产业占比		-0.967*** (-8.66)	-0.967*** (-8.66)	-0.819*** (-7.33)	-0.819*** (-7.33)
城镇化率		0.036(1.03)	0.036(1.03)	0.061* (1.78)	0.061* (1.78)
播种面积		0.118* (1.67)	0.118* (1.67)	0.224*** (3.15)	0.224*** (3.15)
道路密度		-0.018(-1.31)	-0.018(-1.31)	-0.008(-0.56)	-0.008(-0.56)
省份	固定	固定	固定	固定	固定
年份	固定	固定	固定	固定	固定
样本量	620	571	571	571	571
R <sup>2</sup>	0.9951	0.9962	0.9962	0.9964	0.9964

注:括号内为 t 统计量;\* 代表 p<0.10,\*\* 代表 p<0.05,\*\*\* 代表 p<0.01。下表同。

回归结果显示,人力资本变量与农业机械化水平的交互项显著为负(第 4 列),这意味着在人力资本水平较高的地区,农业机械化所带来的农民增收效应要低于人力资本较低的地区。使用固定效应模型回归仍然可以得到同样的结论(第 5 列)。这表明,我国的农业机械化与农村人力资本之间并未形成互补性关系,而存在着替代效应。这一回归结果初步验证了本文提出的研究假说 H3。

(二) 稳健性检验

1.使用农村固定观察点数据的稳健性检验

为防止所用数据的偏误和局限性,本文使用农村固定观察点的村级调查数据进行稳健性检验。农村固定观察点的调查数据是以村级数据和微观农户为基础的面板数据,本文所使用的是 2018—2020 年《农村调查制度》的村级数据,其关于全村居民人均可支配收入、受教育年限、从事第一产业的劳动力、全村农林牧渔业机械总动力情况均有调查记录,这为在村级视角下研究人力资本对农业机械化促进农民增收的调节效应提供了更细化的数据。

其中,农民收入仍选用农村居民人均可支配收入对数来衡量,在表 3 中用农民收入 C 来表示;农业机械化水平选取的是村级人均农业机械总动力,即用全村农林牧渔业机械总动力除以从事第一产业的劳动力,用机械总动力 C 来表示;农村人力资本仍由平均受教育年限表示,并采取与前文相同的计算方法,用受教育程度 C 来表示。进一步地,本文还选取了持有专业技术职称(证书)的劳动力占比(持有专业技术职称(证书)的劳动力数/年内常住劳动力总数)对平均受教育年限进行替换,在表 3 中用专业技术职称劳动力占比表示。使用农村固定观察点的村级调查数据进行稳健性检验后,检验结果与基准回归结果相同。

表 3 稳健性检验:使用农村固定观察点数据

变量	被解释变量:农民收入 C		
	(1) OLS	(2) OLS	(3) OLS
机械总动力 C	0.478 *** (3.240)	0.489 *** (3.063)	0.0625 ** (2.400)
受教育程度 C	0.132 *** (4.525)	0.129 *** (3.951)	
受教育程度 C * 机械总动力 C	-0.0473 *** (-2.820)	-0.0481 *** (-2.650)	
专业技术职称劳动力占比			1.401 *** (2.721)
专业技术职称劳动力占比 * 机械总动力 C			-0.614 ** (-1.974)
控制变量	否	是	是
样本量	638	583	571
R <sup>2</sup>	0.055	0.088	0.064

2.滞后效应的稳健性检验

考虑到农业机械化及人力资本变量对于收入效应的滞后性(表 4 第 1—2 列),本文进一步进行稳健性检验。实证结果显示,人力资本与农业机械化的交互项仍是显著为负的。这说明,无论是滞后 1 期或滞后 2 期,人力资本对农业机械化促进农民收入增加都有显著的负向调节效应。

考虑到部分省(区、市)的农业产业占比较低,而本文研究的恰恰是农村人力资本对农业机械化促进农民增收的调节效应,为了降低样本选择偏误,进一步地,删除了农业占比较低的省(区、市)(即删除农业占 GDP 比重最低 10%的样本),结果同样可以得到,人力资本与农业机械化指标的交互项是显著为负的结论(表 4 第 3—4 列)。

表 4 稳健性检验:滞后性与删除低农区

变量	被解释变量:农民收入			
	(1) 全样本	(2) 全样本	(3) 删除低农区	(4) 删除低农区
机械总动力			0.292*** (7.90)	
受教育程度			0.063*** (5.47)	
受教育程度 * 机械总动力			-0.034*** (-7.21)	
L.机械总动力	0.262*** (7.34)			0.304*** (8.21)
L.受教育程度	0.048*** (4.60)			0.062*** (5.52)
L.受教育程度 * 机械总动力	-0.030*** (-6.39)			-0.037*** (-7.78)
L2.机械总动力		0.279*** (7.92)		
L2.受教育程度		0.042*** (3.93)		
L2.受教育程度 * 机械总动力		-0.033*** (-7.23)		
控制变量	是	是	是	是
省份	固定	固定	固定	固定
年份	固定	固定	固定	固定
样本量	545	519	513	488
R <sup>2</sup>	0.9963	0.9962	0.9964	0.9963

注:“删除低农区”是指删除第一产业产值占 GDP 比重低于最低 10%分位值(0.039)的样本。下表同。

3. 更换农业机械化指标的稳健性检验

为了进一步避免指标选取可能给研究结果带来的偏误,更全面地反映农业机械化的水平,本文在此处重新定义了一个农业机械化指标机械总动力<sup>[18]</sup>,即农业机械总动力与农村人均用电量的平方根。表 5 的回归结果显示,人力资本与农业机械化指标的交互项显著为负(第 1 列),滞后 1 期及滞后 2 期的交互项也同样为负,且在 1%的显著性水平下显著(第 2—3 列)。在删除低农区的样本中,也可以得到同样的结论(第 4—5 列)。

表 5 稳健性检验:更换农业机械化指标

变量	被解释变量:农民收入				
	(1) 全样本	(2) 全样本	(3) 全样本	(4) 删除低农区	(5) 删除低农区
机械总动力	0.929*** (5.31)			1.808*** (6.64)	
受教育程度	0.044*** (4.06)			0.061*** (5.66)	
受教育程度 * 机械总动力	-0.130*** (-6.23)			-0.243*** (-7.51)	
L.机械总动力 <sup>*</sup>		0.762*** (4.22)			1.803*** (6.21)
L.受教育程度		0.039*** (3.61)			0.058*** (5.50)
L.受教育程度 * 机械总动力		-0.114*** (-5.28)			-0.251*** (-7.22)
L2.机械总动力			0.795*** (4.41)		
L2.受教育程度			0.033*** (3.02)		
L2.受教育程度 * 机械总动力			-0.121*** (-5.62)		
样本量	571	545	519	513	488
R <sup>2</sup>	0.9966	0.9966	0.9965	0.9968	0.9968

本文对农村人力资本与农业机械化水平负向调节作用的初步解释是,农村地区的人力资本配置效率可能存在问题,影响人力资本配置效率的是人才的合理定价以及能与人才相匹配物质

资本,而这两点都与该地区的市场化程度是密切相关的。因此,值得进一步思考的问题是,如果所在地区的市场化程度更高,即人力资本能够更合理地被定价以及有更适合的物质资本与之匹配,是否有利于改善人力资本与农业机械化水平配置效率低的问题呢?

(三) 异质性分析

1. 市场化程度的异质性分析

樊纲通过五个方面构建的市场化指数计算的指标体系,获得了众多学者的认可,不仅在市场化程度与政府经济结构政策转型、市场化程度与企业债务期限结构等研究方面得到了较多的应用<sup>[19]</sup>,更重要的是,在市场化程度与农民收入的研究中,也广泛地使用了这一指数<sup>[20]</sup>。本文参考以上研究的做法,选取 2001—2020 年省级市场化指数来对市场化程度进行测度。

表 6 的回归结果显示,人力资本与农业机械化的交互项在市场化程度低的地区显著为负(第 1 列),而在市场化程度高的地区显著为正(第 2 列)。且在考虑滞后效应以后,仍可以得到类似的结论(第 3—6 列)。这说明农村人力资本与农业机械化的调节效应受到市场化程度的影响,市场化程度低的地区,其价格由市场决定的程度也更低,从而影响人力资本不能够被合理定价,并缺乏与人力资本相匹配的物质资本,使得人力资本无法得到有效率的配置;而当市场化程度提高时,更大程度地由市场来为高素质的人力资本定价,也有更充足的物质资本与人力资本相匹配,此时人力资本与农业机械化的交互项显著为正,有利于改善人力资本与农业机械化水平的配置效率。

表 6 异质性分析:不同的市场化程度

变量	被解释变量:农民收入					
	(1) 低	(2) 高	(3) 低	(4) 高	(5) 低	(6) 高
机械总动力	0.243 *** (6.82)	-0.299 *** (-3.27)				
受教育程度	0.062 *** (5.13)	-0.025 (-1.62)				
受教育程度 * 机械总动力	-0.027 *** (-5.67)	0.038 *** (3.37)				
L.机械总动力			0.246 *** (6.82)	-0.236 *** (-2.66)		
L.受教育程度			0.063 *** (5.20)	-0.009 (-0.63)		
L.受教育程度 * 机械总动力			-0.031 *** (-6.40)	0.030 *** (2.76)		
L2.机械总动力					0.216 *** (5.85)	-0.161 * (-1.85)
L2.受教育程度					0.059 *** (4.96)	-0.008 (-0.61)
L2.受教育程度 * 机械总动力					-0.031 *** (-6.53)	0.021 * (1.93)
控制变量	是	是	是	是	是	是
省份	固定	固定	固定	固定	固定	固定
年份	固定	固定	固定	固定	固定	固定
样本量	278	288	255	286	230	282
R <sup>2</sup>	0.9972	0.9970	0.9973	0.9969	0.9974	0.9968

2. 粮食主产区的异质性分析

我国农业生产主要集中于粮食主产区,为了考虑人力资本对农业机械化的调节效应是否在粮食主产区有不同的效应,对粮食主产区与非粮食主产区分别进行回归。表 7 的回归结果显示,不管是否在粮食主产区,人力资本对农业机械化的调节效应均显著为负(第 1—2 列),不过其参数估计值在粮食主产区要高出非粮食主产区约 1 倍。这意味着,在粮食主产区内,农业人力资本的错配可能更为严重。考虑滞后 1 期及滞后 2 期的效应时,仍可以得到类似的结论。



表 7 异质性分析:是否粮食主产区

变量	被解释变量:农民收入					
	(1)否	(2)是	(3)否	(4)是	(5)否	(6)是
机械总动力	0.241*** (6.30)	0.374*** (3.87)				
受教育程度	0.043*** (3.58)	0.021(1.12)				
受教育程度*机械总动力	-0.024*** (-4.56)	-0.044*** (-3.69)				
L.机械总动力			0.256*** (7.05)	0.337*** (3.36)		
L.受教育程度			0.047*** (4.14)	0.023(1.23)		
L.受教育程度*机械总动力			-0.026*** (-5.20)	-0.041*** (-3.29)		
L2.机械总动力					0.248*** (7.13)	0.323*** (3.20)
L2.受教育程度					0.049*** (4.30)	0.010(0.52)
L2.受教育程度*机械总动力					-0.025*** (-5.21)	-0.040*** (-3.22)
控制变量	是	是	是	是	是	是
省份	固定	固定	固定	固定	固定	固定
年份	固定	固定	固定	固定	固定	固定
样本量	338	233	321	224	304	215
R <sup>2</sup>	0.9974	0.9976	0.9975	0.9975	0.9975	0.9974

注:粮食主产区为黑龙江、河南、山东、四川、江苏、河北、吉林、安徽、湖南、湖北、内蒙古、江西、辽宁等 13 个省份。

3.人均耕地面积的异质性分析

进一步地,本文发现在人均耕地面积更高的地区,人力资本与农业机械化之间的负向调节效应要更大(表 8 第 1—2 列)。考虑滞后 1 期及滞后 2 期效应时,均可得到类似的结论(第 3—6 列)。人均耕地面积更大的地区更容易形成农业种植养殖的规模效应<sup>[21]</sup>,也更有利于现代化农机具使用和农业产业型人才作用的发挥,而人均耕地面积小的地区则恰恰相反。

表 8 异质性分析:不同的人均耕地面积差异

变量	被解释变量:农民收入					
	(1)低	(2)高	(3)低	(4)高	(5)低	(6)高
机械总动力	0.241*** (6.78)	0.283*** (2.69)				
受教育程度	0.033*** (3.09)	0.064*** (2.85)				
受教育程度*机械总动力	-0.021*** (-4.10)	-0.033*** (-2.52)				
L.机械总动力			0.237*** (6.86)	0.305*** (3.09)		
L.受教育程度			0.024*** (2.18)	0.062*** (3.12)		
L.受教育程度*机械总动力			-0.021*** (-4.12)	-0.038*** (-3.02)		
L2.机械总动力					0.206*** (5.96)	0.384*** (4.32)
L2.受教育程度					0.020* (1.78)	0.064*** (3.40)
L2.受教育程度*机械总动力					-0.016*** (-3.04)	-0.049*** (-4.39)
控制变量	是	是	是	是	是	是
省份	固定	固定	固定	固定	固定	固定
年份	固定	固定	固定	固定	固定	固定
样本量	287	283	265	279	243	275
R <sup>2</sup>	0.9984	0.9970	0.9985	0.9969	0.9985	0.9968

(四) 进一步分析

农村人力资本的一个重要测量维度是与农业相关的专业技术人才,因此需要进一步考虑农业机械化与农业技术人员之间的关系。

表 9 进一步分析:考虑农业技术人员异质性

变量	被解释变量:农民收入					
	(1) 全样本	(2) 全样本	(3) 删除低农区	(4) 删除低农区	(5) 粮食主产区	(6) 粮食主产区
机械总动力 * 农业技术人员	0.023 *** (3.48)		0.025 *** (3.52)		0.014 * (1.94)	
机械总动力 * 农业技术人员		0.068 *** (3.14)		0.085 *** (3.46)		0.001 (0.06)
控制变量	是	是	是	是	是	是
省份	固定	固定	固定	固定	固定	固定
年份	固定	固定	固定	固定	固定	固定
样本量	571	571	513	513	233	233
R <sup>2</sup>	0.9963	0.9964	0.9961	0.9964	0.9975	0.9978

表 9 的实证结果显示,农业机械化的增收效应在专业技术人员密度较高的地区显著更高(第 1 列),更换农业机械化指标以后,仍可以得到这一结论(第 2 列)。在删除低农区样本以及粮食主产区样本中,同样可以得到类似结论(第 3—6 列)。这一结论表明,在促进农民增收的过程中,农业专业技术人员与农业机械化之间存在显著的互补性效应。因而,优化农村人力资本结构,尤其是增加农业专业技术人员比重,可以更好地发挥农业机械化增收效应。

五、主要结论与政策建议

本文主要研究结论有以下 5 个方面。(1)农业机械化和农村人力资本均对农村人均收入有显著的正向影响。(2)人力资本变量与农业机械化水平的交互项显著为负。这意味着在人力资本水平较高的地区,农业机械化所带来的农民增收效应要低于人力资本较低的地区。(3)农村人力资本对农业机械化促进农民增收的调节效应受市场化程度的影响,在市场化程度低的地区显著为负,而在市场化程度高的地区则显著为正。(4)不论是否在粮食主产区以及人均耕地面积的大小,人力资本对农业机械化的调节效应均显著为负。但粮食主产区的交互项参数估计值高出非粮食主产区约 1 倍,人均耕地面积更大的地区交互项参数估计值也明显大于人均耕地面积小的地区。(5)进一步分析发现,在农业机械化促进农民增收的过程中,农业专业技术人员与农业机械化之间存在显著的互补性。需要特别说明的是,限于数据的可获得性,本文研究的农业机械化以及农村人力资本对农民收入的影响,实际上是对农民整体可支配收入的影响。而事实上农民收入由农业收入、工资性收入、财产性收入等多方面组成,农业机械化对农民不同收入来源的差异化影响有待进一步研究。

本文的主要政策建议如下:(1)充分发挥市场和政府对人力资本的配置和引导作用,推动有效市场和有为政府更好结合。一方面,政府要健全要素市场化体系,积极鼓励高校为乡村振兴提供智力服务,加强农业科技社会化服务体系建设,为农业机械化发展提供更匹配、更优质的专业型人才;另一方面,要加强人力资本的流通和优化配置,完善利益分配机制,提高人力资本的收益率,为农业机械化配置与之相对应的人力资本结构。(2)加快推进农村的各项教育事业建设,增加农村人力资本积累。一方面,要加大对农村劳动力的培训力度,鼓励农民学习相关的基本职业技能,培养新一代爱农业、懂技术、善经营的新型职业农民;另一方面,要提升教育服务农业农村机械化的能力和水平,加快发展面向农业农村的职业教育和高等教育,增加农村人力

资本积累。(3)实施乡村人才振兴,坚持培养与引进相结合,拓宽乡村人才来源。吸引农业院校的学生、城市各方面人才等到农村创业创新,鼓励其投身到乡村振兴和现代化农业建设中;同时,将政策、资本、财政等外部力量转化为农村发展的内部力量,逐步完善农村的医疗、教育等公共服务体系,稳步推进新型城镇化建设,为“留住人才”提供良好的基础条件。(4)提高对“三农”领域农业实用专业人才的培育力度,促进农业技术进步。农村人力资本结构的核心就是农业专业技术人才,着力培养一批掌握实用型技术以及农业机械装备使用技能的农业专业技术人才,充分发挥人力资本在促进提高农业技术效率的作用,全面推动农业机械化建设。

## 参考文献:

- [1] Laguë C. Agricultural Mechanization in the 21st Century[J]. Resource, 2020, 27(2): 27.
- [2] 刘渝,张俊飏.美、欧、日农业补贴特点及其对中国的启示[J].世界农业, 2005(5): 7-10.
- [3] 李健华.芬兰、冰岛、荷兰农业补贴政策的基本情况及其特点[J].世界农业, 2012(10): 65-69.
- [4] Takeshima H, Nin-Pratt A, Diao X S. Mechanization and Agricultural Technology Evolution, Agricultural Intensification in Sub-Saharan Africa: Typology of Agricultural Mechanization in Nigeria[J]. American Journal of Agricultural Economics, 2013, 95(5): 1230-1236.
- [5] 彭超,段晋苑,马彪.新农人发展质量及其影响因素研究[J].宏观质量研究, 2021, 9(4): 15-27.
- [6] 周振,张琛,彭超,等.农业机械化与农民收入:来自农机具购置补贴政策的证据[J].中国农村经济, 2016(2): 68-82.
- [7] 朱建军,胡继连.农地流转对我国农民收入分配的影响研究——基于中国健康与养老追踪调查数据[J].南京农业大学学报(社会科学版), 2015, 15(3): 75-83.
- [8] 周晓,朱农.论人力资本对中国农村经济增长的作用[J].中国人口科学, 2003(6): 17-24.
- [9] 孙敬水,董亚娟.人力资本与农业经济增长:基于中国农村的 Panel data 模型分析[J].农业经济问题, 2006, 27(12): 12-16.
- [10] 邓悦,吴忠邦,蒋琬仪,等.从内生式脱贫走向乡村振兴:山区脱贫质量分析[J].宏观质量研究, 2021, 9(2): 1-15.
- [11] 彭长生,钟钰.教育、流动与欠发达地区农民的收入分化——基于安徽省的农户调查数据[J].农村经济, 2014(5): 70-74.
- [12] 王海娟,胡守庚.合作瓦解:农业机械化发展的一种解释路径——兼论中国农业发展的道路选择[J].南京农业大学学报(社会科学版), 2019, 19(2): 38-45.
- [13] 邓悦,肖杨.基于精准识别的乡村振兴质量动态评价体系构建:逻辑框架与应用分析[J].宏观质量研究, 2022, 10(2): 62-75.
- [14] 李谷成.人力资本与中国区域农业全要素生产率增长——基于 DEA 视角的实证分析[J].财经研究, 2009, 35(8): 115-128.
- [15] 张林,温涛,刘渊博.农村产业融合发展与农民收入增长:理论机理与实证判定[J].西南大学学报(社会科学版), 2020, 46(5): 42-56.
- [16] 夏春萍,刘文清.农业现代化与城镇化、工业化协调发展关系的实证研究——基于 VAR 模型的计量分析[J].农业技术经济, 2012(5): 79-85.
- [17] 李谷成,李焯阳,周晓时.农业机械化、劳动力转移与农民收入增长——孰因孰果? [J].中国农村经济, 2018(11): 112-127.
- [18] 于伟,张鹏.我国省域农村教育与农业现代化的耦合协调发展[J].华南农业大学学报(社会科学版), 2015, 14(1): 16-24.
- [19] 樊纲,王小鲁,张立文,等.中国各地区市场化相对进程报告[J].经济研究, 2003, 38(3): 9-18.
- [20] 刘拥军,薛敬孝.加速农业市场化进程是增加农民收入的根本途径[J].经济学家, 2003(1): 68-73.
- [21] 陈靖,冯小.农业转型的社区动力及村社治理机制——基于陕西 D 县河滩村冬枣产业规模化的考察[J].中国农村观察, 2019(1): 2-14.

## Has Agricultural Mechanization Boosted Farmers' Income? Analysis Based on the Adjustment Effect of Rural Human Capital

*DENG Yue, WU Zhongbang, LUO Lianfa*

**Abstract:** The advancement of agricultural mechanization is inseparable from the support of rural human capital. Based on the provincial panel data from 2001 to 2020, this paper introduced rural human capital as a moderator variable, and considered the lag in the impact of agricultural mechanization on farmers' income, to explore the moderating effect of rural human capital on agricultural mechanization in promoting farmers' income growth. The research found that: first, agricultural mechanization and rural human capital both have a promoting effect on farmers' income, while rural human capital and the level of agricultural mechanization have a negative moderating effect; second, the moderating effect of rural human capital on agricultural mechanization to increase agricultural income is affected by the degree of marketization; a negative moderating effect in areas with a low degree of marketization, and a positive moderating effect in areas with a high degree of marketization; third, the heterogeneity analysis showed that rural human capital has a positive effect on agricultural mechanization. The negative adjustment effect is stronger in the main grain producing areas and the areas with higher per capita arable land; fourth, there is a significant complementarity between agricultural professional and technical personnel and agricultural mechanization. The policy inspiration of this paper is to increase the educational investment in rural human capital and accelerate the marketization of rural areas; in view of the possible structural mismatch of human capital in our country's rural areas, it is necessary to strengthen the cultivation of agricultural professional and technical personnel in order to better match and promote the country's agricultural mechanization, and promote the increase of farmers' income.

**Keywords:** Agricultural Mechanization; Farmers' Income; Human Capital; Moderating Effect